

Requested Patent: JP6160878

Title: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

Abstracted Patent: JP6160878

Publication Date: 1994-06-07

Inventor(s): KONDO KATSUMI; others: 04

Applicant(s): HITACHI LTD

Application Number: JP19930225462 19930910

Priority Number(s):

IPC Classification: G02F1/1343 ; G02F1/136

Equivalents: JP2940354B2

ABSTRACT:

PURPOSE:To obtain an active matrix type liquid crystal display device having such features that the contrast is high, visual angle property is good, a multi-level display can be easily performed, and that the display is bright and the cost is reduced.

CONSTITUTION:The device has such a structure that an electric field 7 parallel to a substrate surface is impressed on a liquid crystal composition layer by a thin film transistor provided with a drain electrode 12 and a common electrode 2 which are extending over plural picture elements and a source electrode 1 extending in a direction same as that of the electrodes.

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも一方が透明な一対の基板、該基板間に挟持され、配向した誘電率異方性と屈折率異方性とを有する液晶組成物層、偏光手段、マトリクス状に配置された複数の画素、各画素ごとに備えられ、画素電極、信号配線電極及び走査配線電極に接続された薄膜トランジスタ素子、該薄膜トランジスタ素子とは離接した共通電極、前記画素の光透過率或いは反射率を変化させる電圧信号波形を印加する手段とを有する液晶表示装置において、

前記画素電極と前記信号配線電極は、電圧信号波形を印加する手段により前記画素電極と前記共通電極との間に、基板面にほぼ平行に電界を印加し、電界の強度に応じ前記画素の光透過率或いは反射率を変化させるように配置され、

前記画素電極が前記画素内で第1の方向に伸びており、前記信号配線電極及び前記共通電極は第1の方向に、かつ複数の画素間にまたがってそれぞれ表示部端部にまで伸びていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】前記画素電極が1画素内で前記信号配線電極を挟むように対をなし、前記画素及び前記信号配線電極が1対の共通電極に挟まれてなることを特徴とする請求項1項に記載の液晶表示装置。

【請求項3】前記画素電極、前記信号配線電極、前記共通電極及び前記走査配線電極のいずれもが前記一対の基板の一方に配置されていることを特徴とする請求項1項或いは2項に記載の液晶表示装置。

【請求項4】前記画素電極と前記共通電極とが同層であって、前記画素電極と前記走査配線との間に絶縁物を介して容量素子を形成していることを特徴とする請求項1項或いは2項に記載の液晶表示装置。

【請求項5】前記一対の基板のうち前記薄膜トランジスタ素子を備えた基板に対向した基板上に、色の異なる少なくとも2種以上のカラーフィルタを備え、該カラーフィルタの境界が前記画素電極、前記信号配線電極及び前記共通電極のいずれかと重なることを特徴とする請求項1項或いは2項に記載の液晶表示装置。

【請求項6】前記画素電極、前記信号配線電極、前記共通電極及び前記走査配線電極を有する基板に対向する他方の基板上に、色の異なる少なくとも2種以上のカラーフィルタを備え、該カラーフィルタ上に表面をより平坦化する有機ポリマを積層し、該有機ポリマが透明ポリマであり、更に該透明ポリマをその表面をラビング処理することで界面上の液晶分子を所定方向に配向制御する配向膜として用いることを特徴とする請求項1項から3項のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項7】少なくとも一方が透明な一対の基板、該基板間に挟持され、配向した誘電率異方性と屈折率異方性とを有する液晶組成物層、偏光手段、マトリクス状に配置された複数の画素、各画素ごとに備えられ、画素電

2

極、信号配線電極及び走査配線電極に接続された薄膜トランジスタ素子、該薄膜トランジスタ素子とは離接した共通電極、前記画素の光透過率或いは反射率を変化させる電圧信号波形を印加する手段とを有する液晶表示装置において、

前記画素電極と前記信号配線電極は、電圧信号波形を印加する手段により前記画素電極と前記共通電極との間に、基板面にほぼ平行に電界を印加し、電界の強度に応じ前記画素の光透過率或いは反射率を変化させるように配置され、

前記薄膜トランジスタ素子及び前記液晶組成物層に直接接する有機絶縁層が備えられていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項8】前記薄膜トランジスタ素子を覆った前記有機絶縁層をラビング処理することで該有機絶縁層に、前記薄膜トランジスタ素子の保護膜と液晶分子配向制御膜の両方の機能を持たせたことを特徴とする請求項7項に記載の液晶表示装置。

【請求項9】前記液晶組成物層の誘電率異方性が正であり、かつ少なくとも一方の基板界面上での液晶分子配向方向と電界方向とのなす角度 $|\phi_{lc}|$ が45度以上90度未満であることを特徴とする請求項1項から4項のいずれかに記載の液晶表示装置。ただし、 $-90^\circ \leq \phi_{lc} \leq 90^\circ$ である。

【請求項10】前記液晶組成物層の誘電率異方性が負であり、かつ少なくとも一方の基板界面上での液晶分子配向方向と電界方向とのなす角度 $|\phi_{lc}|$ が0度を超え45度未満であることを特徴とする請求項1項から4項のいずれかに記載の液晶表示装置。ただし、 $-90^\circ \leq \phi_{lc} \leq 90^\circ$ である。

【請求項11】前記液晶組成物層内の配向に関して、一方の基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc1} と他方基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc2} とが互いに略平行($\phi_{lc1} \approx \phi_{lc2}$)であり、かつ前記液晶組成物層の厚み d 及び屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ が $0.21 \mu\text{m}$ から $0.36 \mu\text{m}$ の間であることを特徴とする請求項10項あるいは11項に記載の液晶表示装置。

【請求項12】前記液晶組成物層の厚み d 及び屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ よりも低い位相差 R_1 を有する光学的異方性媒質を液晶組成物層により生じた位相差を補償するように挿入し、かつその絶対値の差 $|d \cdot \Delta n| - |R_1|$ を $0.21 \mu\text{m}$ から $0.36 \mu\text{m}$ の間としたことを特徴とする請求項11項に記載の液晶表示装置。

【請求項13】前記液晶組成物層内の配向に関して、一方の基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc1} と他方基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc2} とが互いに交差し、その角度 $|\phi_{lc1} - \phi_{lc2}|$ が80度以上100度以下であり、かつ前記液晶組成物層の厚み d 及び屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ が $0.40 \mu\text{m}$ から $0.60 \mu\text{m}$ の間であることを特徴とする請求項10項或いは11

項に記載の液晶表示装置。

【請求項14】液晶分子の傾き角が、いずれの界面上に於いても4度以下であることを特徴とする請求項11あるいは13項記載の液晶表示装置。

【請求項15】前記液晶組成物層の誘電率異方性が正であり、前記偏光手段が前記液晶組成物層を挟む一对の偏光板であり、前記界面上の液晶分子の長軸方向と電界方向とのなす角 ϕ_{lc} が該一对の偏光板のうちの一方の偏光板Aの透過軸（或いは吸収軸）の角度 ϕ_p よりも大きく、かつその差 $|\phi_{lc} - \phi_p|$ が3度以上15度以下であることを特徴とする請求項10項に記載の液晶表示装置。

【請求項16】前記液晶組成物層の誘電率異方性が負であり、前記偏光手段が前記液晶組成物層を挟む一对の偏光板であり、前記界面上の液晶分子の長軸方向と電界方向とのなす角 ϕ_{lc} が該偏光板の吸収軸或いは透過軸の角度 ϕ_p よりも小さく、かつその差 $|\phi_p - \phi_{lc}|$ が3度以上15度以下であることを特徴とする請求項11項に記載の液晶表示装置。

【請求項17】前記第2の電極に画像信号を印加し、かつ前記液晶組成物層に印加される電圧がより高まるように前記コモン電極にも電圧信号波形を印加することを特徴とする請求項15項或いは16項に記載の液晶表示装置。

【請求項18】前記偏光手段が前記液晶組成物層を挟む一对の偏光板であり、それらを低電圧 V_L 印加時に明状態、高電圧 V_H 印加時に暗状態となる配置に設定し、前記一对の偏光板間に、 V_H 印加時の液晶層の界面残留位相差を補償する透明媒体を挿入したことを特徴とする請求項11或いは13項に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、量産性が良好で低コストで視角特性が良好な薄膜トランジスタ型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の薄膜トランジスタ型液晶表示装置では、液晶層を駆動する電極としては2枚の基板界面上に形成し相対向させた透明電極を用いていた。これは、液晶に印加する電界の方向を基板界面にほぼ垂直な方向とすることで動作する、ツイステッドネマチック表示方式に代表される表示方式を採用していることによる。一方、液晶に印加する電界の方向を基板界面にほぼ平行な方向とする方式として、櫛歯電極対を用いた方式が、例えば特公昭63-21907号により提案されている。この場合、電極は透明である必要は無く導電性が高く不透明な金属電極を用いることが可能である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】前記の従来技術においては、ITOに代表される透明電極を形成する為にスパ

ッタリング装置等の真空系製造設備を使用する必要がある、設備コストが巨額になっていた。また、真空系製造設備の使用には真空炉内の汚染を除去する作業を伴い、その為に多大な時間を要し、このことが製造コストを著しく引き上げている。また、一般に透明電極はその表面に数10nm程度の凹凸があり、薄膜トランジスタのような微細なアクティブ素子の加工を困難にしている。さらに、透明電極の凸部はしばしば離脱し電極等の他の部分に混入し、点状或いは線状の表示欠陥を引き起こし、歩留まりを著しく低下させていた。これらの為に、マーケットニーズに対応した低価格の液晶表示装置を安定的に提供することが出来ずにいた。また、前記の従来技術においては、画質面でも多くの課題を有していた。特に、視角方向を変化させた際の輝度変化が著しく、中間調表示を行った場合、強い各方向により階調レベルが反転してしまうなど、実用上問題であった。さらに、薄膜トランジスタ素子の凹凸構造の為にその周辺で配向不良ドメインが発生し、その対策の為に大きな面積の遮光膜を要し、光の利用効率も著しく低下させていた。

【0004】一方、特公昭63-21907号に示されている櫛歯電極を用いれば透明電極を使う必要はなくなり、上記の課題を解決できる可能性があるが、以下の理由により実用化はされていない。即ち、この公知技術に於いては相互に咬合する櫛歯電極対を用いているために、画素内のパターンが微細化かつ複雑化し、量産性が著しく低い。特に、表示情報量が多く、画素サイズの小さなディスプレイでは櫛歯構造の電極を1画素内に入れることはほとんど不可能であり、仮に入れたとしても開口率が著しく低く、ほとんど光が有効に利用できない暗いディスプレイしか実現できない。原理的には櫛歯電極の電極幅を1~2 μ m程度まで縮小すれば開口率を実用レベルまで拡大出来るが、実際には大型基板全面にわたってそのような細線を均一にかつ断線がないように形成することは極めて困難である。即ち、上記の従来技術では、相互に咬合する櫛歯状の電極を用いたために画素開口率と製造歩留まりがトレードオフの関係となり、明るい画像を有する液晶表示装置を低コストで提供することは困難であった。

【0005】本発明はこれらの課題を同時に解決するため、その目的とするところは、第一に、透明電極がなくとも高コントラストで、低価格の設備で高い歩留まりで量産可能な低コストの薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することにある。第二に、低い電圧で駆動ができれば視角特性が良好で多階調表示が容易である薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することにある。第三に、使用可能な液晶組成物及び配向膜材料の選択の自由度を上げ、これにより液晶パネル作製等のプロセスの裕度を大きくし、高い開口率と画素劣化抑制を両立させ、光透過率を上げた、より明るい薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することにある。第四に、第一から第

三の目的に加えてより構造が簡素であり、製造歩留まりが高い薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決し、上記目的を達成するために本発明では以下の手段を用いる。少なくとも一方が透明な一対の基板、該基板間に挟持され、配向した誘電率異方性と屈折率異方性とを有する液晶組成物層、偏光手段、マトリクス状に配置された複数の画素、各画素ごとに備えられ、画素電極、信号配線電極及び走査配線電極に接続された薄膜トランジスタ素子、該薄膜トランジスタ素子とは離接した共通電極、前記画素の光透過率或いは反射率を変化させる電圧信号波形を印加する手段とを有する液晶表示装置において、前記画素電極と前記信号配線電極は、電圧信号波形を印加する手段により前記画素電極と前記共通電極との間に、基板面にほぼ平行に電界を印加し（この電界を横電界と称する）、電界の強度に応じ前記画素の光透過率或いは反射率を変化させるように配置され、

〔手段1〕前記画素電極が前記画素内で第1の方向に伸びており、前記信号配線電極及び前記共通電極は第1の方向に、かつ複数の画素間にまたがってそれぞれ表示部端部にまで伸びていることを特徴とする液晶表示装置。

【0007】〔手段2〕前記画素電極が1画素内で前記信号配線電極を挟むように対をなし、前記画素及び前記信号配線電極が1対の共通電極に挟まれてなることを特徴とする手段1に記載の液晶表示装置。

【0008】〔手段3〕前記画素電極、前記信号配線電極、前記共通電極及び前記走査配線電極のいずれもが前記一対の基板の一方に配置されていることを特徴とする手段1或いは手段2に記載の液晶表示装置。

【0009】以上の手段1から手段3により、透明電極が不要で、かつ歯状電極対を用いた従来技術に比べはるかに簡素な構造を有し、開口率も高く製造歩留まりも高い、第一及び第四の目的にかなう薄膜トランジスタ型液晶表示装置が得られる。

【0010】〔手段4〕前記画素電極と前記共通電極とが同層であって、前記画素電極、前記共通電極或いは隣接する画素電極のいずれかひとつと前記走査配線との間に絶縁物を介して容量素子を形成していることを特徴とする手段3に記載の液晶表示装置。

【0011】〔手段5〕前記一対の基板のうち前記薄膜トランジスタ素子を備えた基板に対向した基板上に、色の異なる少なくとも2種以上のカラーフィルタを備え、該カラーフィルタの境界が前記画素電極、前記信号配線電極及び前記共通電極のいずれかと重なることを特徴とする手段1或いは手段2に記載の液晶表示装置。

【0012】手段5によれば、従来は色純度の低いカラーフィルタの境界を覆っていた遮光層を省略でき、より低コストの薄膜トランジスタ型液晶表示装置が得られ

る。

【0013】〔手段6〕前記画素電極、前記信号配線電極、前記共通電極及び前記走査配線電極を有する基板に対向する他方の基板上に、色の異なる少なくとも2種以上のカラーフィルタを備え、該カラーフィルタ上に表面をより平坦化する有機ポリマを積層し、該有機ポリマが透明ポリマであり、更に該透明ポリマをその表面をラビング処理することで界面上の液晶分子を所定方向に配向制御する配向膜として用いることを特徴とする手段3に記載の液晶表示装置。

【0014】手段6によればカラーフィルタの凹凸を平坦化する有機ポリマと液晶分子を配向制御するための配向膜とが兼用でき、低コスト化に有効である。

【0015】〔手段7〕少なくとも一方が透明な一対の基板、該基板間に挟持され、配向した誘電率異方性と屈折率異方性とを有する液晶組成物層、偏光手段、マトリクス状に配置された複数の画素、各画素ごとに備えられ、画素電極、信号配線電極及び走査配線電極に接続された薄膜トランジスタ素子、該薄膜トランジスタ素子とは離接した共通電極、前記画素の光透過率或いは反射率を変化させる電圧信号波形を印加する手段とを有する液晶表示装置において、前記画素電極と前記信号配線電極は、電圧信号波形を印加する手段により前記画素電極と前記共通電極との間に、基板面にほぼ平行に電界を印加し、電界の強度に応じ前記画素の光透過率或いは反射率を変化させるように配置され、前記薄膜トランジスタ素子及び前記液晶組成物層に直接接する有機絶縁層が備えられていることを特徴とする液晶表示装置。

【0016】〔手段8〕前記薄膜トランジスタ素子を覆った前記有機絶縁層をラビング処理することで該有機絶縁層に、前記薄膜トランジスタ素子の保護膜と液晶分子配向制御膜の両方の機能を持たせたことを特徴とする手段7に記載の液晶表示装置。

【0017】また、手段7から手段8によれば、従来CVD (Chemical Vapor Deposition) 法等の真空系で形成していた無機の絶縁膜が、より安価に製造できる有機絶縁層に交換でき、低コスト化に有効である。

【0018】手段9以下は、第二の目的である視角特性が良好で多階調表示能に優れた特性を実現する方法を表す。

【0019】〔手段9〕前記液晶組成物層の誘電率異方性が正であり、かつ少なくとも一方の基板界面上での液晶分子配向方向と電界方向とのなす角度 $|\phi_{ic}|$ が45度以上90度未満であることを特徴とする手段1から手段4のいずれかに記載の液晶表示装置。ただし、 $-90^\circ \leq \phi_{ic} \leq 90^\circ$ である。

【0020】〔手段10〕前記液晶組成物層の誘電率異方性が負であり、かつ少なくとも一方の基板界面上での液晶分子配向方向と電界方向とのなす角度 $|\phi_{ic}|$ が0度を越え45度未満であることを特徴とする手段1から

手段4のいずれかに記載の液晶表示装置。ただし、 $-90^\circ \leq \phi_{lc} \leq 90^\circ$ である。

【0021】〔手段11〕前記液晶組成物層内の配向に関して、一方の基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc1} と他方基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc2} とが互いに略平行($\phi_{lc1} \approx \phi_{lc2}$)であり、かつ前記液晶組成物層の厚み d 及び屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ が $0.21 \mu\text{m}$ から $0.36 \mu\text{m}$ の間であることを特徴とする手段9あるいは10に記載の液晶表示装置。

【0022】〔手段12〕前記液晶組成物層の厚み d 及び屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ よりも低い位相差 R_t を有する光学的異方性媒質を液晶組成物層により生じた位相差を補償するように挿入し、かつその絶対値の差 $|d \cdot \Delta n| - |R_t|$ を $0.21 \mu\text{m}$ から $0.36 \mu\text{m}$ の間としたことを特徴とする手段11に記載の液晶表示装置。

【0023】手段9から手段12によれば、複屈折モードによる高いコントラストと広い視角特性が得られる。

【0024】〔手段13〕前記液晶組成物層内の配向に関して、一方の基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc1} と他方基板界面上での液晶分子配向方向角度 ϕ_{lc2} とが互いに交差し、その角度 $|\phi_{lc1} - \phi_{lc2}|$ が 80° 以上 100° 以下であり、かつ前記液晶組成物層の厚み d 及び屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ が $0.40 \mu\text{m}$ から $0.60 \mu\text{m}$ の間であることを特徴とする手段9または10に記載の液晶表示装置。

【0025】手段13によれば、旋光性モードによる高いコントラストと広い視角特性が得られる。

【0026】〔手段14〕液晶分子の傾き角が、いずれの界面上に於いても 4° 以下であることを特徴とする手段11または13に記載の液晶表示装置。

【0027】〔手段15〕前記液晶組成物層の誘電率異方性が正であり、前記偏光手段が前記液晶組成物層を挟む一対の偏光板であり、前記界面上の液晶分子の長軸方向と電界方向とのなす角 ϕ_{lc} が該一対の偏光板のうちの一方の偏光板Aの透過軸(或いは吸収軸)の角度 ϕ_r よりも大きく、かつその差 $|\phi_{lc} - \phi_r|$ が 3° 以上 15° 以下であることを特徴とする手段9に記載の液晶表示装置。

【0028】〔手段16〕前記液晶組成物層の誘電率異方性が負であり、前記偏光手段が前記液晶組成物層を挟む一対の偏光板であり、前記界面上の液晶分子の長軸方向と電界方向とのなす角 ϕ_{lc} が該偏光板の吸収軸或いは透過軸の角度 ϕ_r よりも小さく、かつその差 $|\phi_r - \phi_{lc}|$ が 3° 以上 15° 以下であることを特徴とする手段10に記載の液晶表示装置。

【0029】〔手段17〕前記第2の電極に画像信号を印加し、かつ前記液晶組成物層に印加される電圧がより高まるように前記コモン電極にも電圧信号波形を印加することを特徴とする手段15または16に記載の液晶表

示装置。

【0030】〔手段18〕前記偏光手段が前記液晶組成物層を挟む一対の偏光板であり、それらを低電圧 V_L 印加時に明状態、高電圧 V_H 印加時に暗状態となる配置に設定し、前記一対の偏光板間に、 V_H 印加時の液晶層の界面残留位相差を補償する透明媒体を挿入したことを特徴とする手段11または13に記載の液晶表示装置。

【0031】手段14から手段18は、本発明の基本構成である横電界駆動を採用した際に、しきい値電圧が上昇し、より高い耐圧を有する駆動回路を用いる必要があるという課題を対策するものである。これによれば、実施例にもあるように10ボルト未満の十分低い出力電圧の駆動回路でも動作が可能となる。

【0032】

【作用】先ず初めに、電界方向に対する、偏光板の偏光透過軸のなす角 ϕ_r 、界面近傍での液晶分子長軸(光学軸)方向のなす角 ϕ_{lc} 、一対の偏光板間に挿入した位相差板の進相軸のなす角 ϕ_k の定義を示す(図6)。偏光板及び液晶界面はそれぞれ上下に一対あるので必要に応じて ϕ_{r1} , ϕ_{r2} , ϕ_{lc1} , ϕ_{lc2} と表記する。尚、図6は後述する図1の正面図に対応する。

【0033】次に本発明の作用を図1を用いて説明する。

【0034】図1(a), (b)は本発明の液晶パネル内での液晶の動作を示す側断面を、図1(c), (d)はその正面図を表す。図1では薄膜トランジスタ素子を省略してある。また、本発明ではストライプ状の電極を構成して複数の画素を形成するが、ここでは一画素の部分を示した。電圧無印加時のセル側断面を図1(a)に、その時の正面図を図1(c)に示す。透明な一対の基板の内側に線状の電極1, 2が形成され、その上に配向制御膜4が塗布及び配向処理されている。間には液晶組成物が挟持されている。棒状の液晶分子5は、電圧無印加時には電極1, 2の長手方向に対して若干の角度、即ち $45^\circ \leq |\phi_{lc}| < 90^\circ$ 、をもつように配向されている。上下界面上での液晶分子配向方向はここでは平行、即ち $\phi_{lc1} = \phi_{lc2}$ を例に説明する。また、液晶組成物の誘電異方性は正を想定している。次に、電界7を印加すると図1(b), (d)に示したように電界方向に液晶分子がその向きを変える。偏光板6を所定角度9に配置することで電界印加によって光透過率を変えることが可能となる。このように、本発明によれば透明電極がなくともコントラストを与える表示が可能となる。尚、図1(b)では基板表面と電界方向とのなす角が大きく、平行ではないように見えるが、これは厚み方向を拡大して表した結果で、実際には 20° 以下である。以後本発明では、 20° 以下のものを総称して横電界と表現する。また、図1では電極1, 2を上下基板に分けて形成したが、一方の基板に備えてもなんら効果は変わるものではない。むしろ配線等のパターンが微細化する場合や熱、

外力等による種々の変形等を鑑みると、一方の基板に備えたほうがより高精度なアライメントが可能となり、望ましい。また、液晶組成物の誘率異方性は正を想定したが、負であっても構わない。その場合には初期配向状態を電極1, 2の長手方向に垂直な方向(電界方向)から若干の角度 $|\phi_{lc}|$ (即ち、 $0^\circ < |\phi_{lc}| \leq 45^\circ$)を持つように配向させる。

【0035】以下、本発明の3つの目的それぞれに応じ、その作用について説明する。

【0036】(1) 透明電極を備えない状態での高コントラスト化

コントラストを付与する具体的構成としては、上下基板上の液晶分子配向がほぼ平行な状態を利用したモード(複屈折位相差による干渉色を利用するので、ここでは複屈折モードと呼ぶ)と、上下基板の液晶分子配向方向が交差しセル内での分子配列がねじれた状態を利用したモード(液晶組成物層内で偏光面が回転する旋光性を利用するので、ここでは旋光性モードと呼ぶ)とがある。複屈折モードでは、電圧印加により分子長軸(光軸)方向が基板界面にほぼ平行なまま面内でその方位を変え、所定角度に設定された偏光板の軸とのなす角を変えて光透過率を変える。旋光性モードでも同様に電圧印*

$$T/T_0 = \sin^2(2\chi_{eff}) \cdot \sin^2(\pi d_{eff} \cdot \Delta n / \lambda) \quad \dots (1)$$

低電圧 V_L 印加時に暗、高電圧 V_H 印加時に明状態となるノーマリクローズ特性を得るには偏光板の配置としては一方の偏光板の透過軸(あるいは吸収軸)を液晶分子配向方向(ラビング軸)にほぼ平行、即ち $\phi_{r1} \approx \phi_{lc1} = \phi_{lc2}$ とし、他方の偏光板の透過軸をそれに垂直、即ち $\phi_{r2} = \phi_{r1} + 90^\circ$ 度とすればよい。電界無印加時には、(1)式における χ_{eff} が0であるので光透過率 T/T_0 も0となる。一方電界印加時にはその強度に応じて χ_{eff} の値が増大し、 45° の時に最大なる。この時、光の波長を $0.555\mu m$ と想定すると無彩色でかつ透過率を最大とするには実効的な $d_{eff} \cdot \Delta n$ を2分の1波長である $0.28\mu m$ とすれば良い。現実には裕度があるために、 0.21 から $0.36\mu m$ の間に入っていれば良いが、望ましくは 0.24 から $0.33\mu m$ の間の値に設定すると良い。

【0040】一方低電圧 V_L 印加時に明、高電圧 V_H 印加時に暗状態となるノーマリオープン特性を得るには電界無印加時あるいは低電界印加時に、(1)式における χ_{eff} がほぼ 45° となるように偏光板配置を設定すれば※

$$0.21\mu m < (d \cdot \Delta n - R_1) < 0.36\mu m \quad \dots (2)$$

望ましくは、

$$0.23\mu m < (d \cdot \Delta n - R_1) < 0.33\mu m \quad \dots (3)$$

II. 旋光性モードで表示する場合

従来方式であるツイステッドネマチック(Twisted Nematic: TN)方式では一般に知られているように $d \cdot \Delta n$ をファーストミニマム条件である $0.50\mu m$ 近傍に設定した時に、高透過率、無彩色となる。その裕度を考慮

*加により分子長軸方向の方位のみを変えるが、こちらの場合には線がほどけることによる旋光性の変化を利用する。

【0037】次に表示を無彩色にしコントラスト比をあげる定量的構成および作用について、以下複屈折モードを用いる場合と旋光性モードを用いる場合の2つのケースに分けて述べる。

【0038】1. 複屈折モードで表示する場合

一般に一軸性複屈折性媒体を直交配置した2枚の偏光板の間に挿入した時の光透過率 T/T_0 は次式で表される。ここで、 χ_{eff} は液晶組成物層の実効的な光軸方向(光軸と偏光透過軸とのなす角)、 d_{eff} は複屈折性を有する実効的な液晶組成物層の厚み、 Δn は屈折率異方性、 λ は光の波長を表す。ここで、液晶組成物層の光軸方向を実効的な値とした目的は、実際のセル内では界面上では液晶分子が固定されており、電界印加時にはセル内で全ての液晶分子が互いに平行かつ一様に配向しているのではなく、特に界面近傍では大きな変形が起こっていることを鑑み、それらの平均値として一様状態を想定した時の見かけの値で取り扱うことにある。

【0039】

※良い。電界印加時にはノーマリクローズの場合とは逆にその強度に応じて χ_{eff} の値が減少する。しかしながら、 χ_{eff} が最小(即ち0)になっても界面近傍で固定されている液晶分子の残留位相差のために、このままではかなりの光が漏れてしまう。 $d \cdot \Delta n$ を 0.27 から $0.37\mu m$ の間に設定し、 $3 \sim 10V$ の実効電圧を印加した本発明者等の実験によれば界面残留位相差の値は 0.02 から $0.06\mu m$ 程度であった。よって、 0.02 から $0.06\mu m$ 程度の複屈折位相差を有する位相差板(この位相差を R_1 と表す)を界面残留位相差を補償するように挿入することで、暗状態が沈み込み、高コントラスト比が得られる。位相差板の進相軸の角度 ϕ_1 は、電圧印加時の液晶組成物層の実効的な光軸 χ_{eff} に平行にする。より完全に暗状態の明るさを沈み込ませるには、暗状態を表示するための電圧を印加したときの残留位相差にきちっと合わせれば良い。以上より、暗状態の沈み込みと明状態の透過率、白色度を両立するには、次式の間隔を満たせば良い。

【0041】

$$\dots (2)$$

するとTN方式では 0.40 から $0.60\mu m$ の間に設定すると良い。偏光板の配置としては一方の偏光板の透過軸(あるいは吸収軸)を界面上の液晶分子配向方向(ラビング軸)にほぼ平行、即ち $\phi_{lc1} \approx \phi_{lc2}$ とする。ノーマリクローズ型を実現するためには、他方の偏光板の透

過軸をそれに平行とすれば良く、ノーマリオープン型とするには垂直とすればよい。

【0042】尚、完全に旋光性を消失させるには、上下基板界面近傍での液晶配向方向をほぼ平行となるようにする必要があり、90度TNモードを想定すると、一方の基板側の液晶分子を90度近く回転させなくてはならない。複屈折モードで表示する場合には液晶分子回転角は45度程度で良く、ことしきい値電圧に関しては複屈折モードのほうが低くなる。

【0043】(2) 視角特性の改善

本発明の表示モードでは液晶分子の長軸は基板と常にほぼ平行であり、立ち上がることがなく、従って視角方向を変えた時の明るさの変化が小さい。本表示モードは従来のように電圧印加で複屈折位相差をほぼ0にすることで暗状態を得るものではなく、液晶分子長軸と偏光板の軸（吸収あるいは透過軸）とのなす角を変えるもので、根本的に異なる。従来のTN型のように液晶分子長軸を基板界面に垂直に立ち上がらせる場合だと、複屈折位相差が0となる視角方向は正面即ち基板界面に垂直な方向のみであり、僅かでも傾斜すると複屈折位相差が現れ、ノーマリオープン型では光が漏れ、コントラストの低下や階調レベルの反転を引き起こす。

【0044】(3) 配向膜材料と液晶材料の選択の自由度改善及びそれによるプロセス裕度の拡大

さらに、このように液晶分子が立ち上がらない為に、従来のような大きな傾き角（液晶分子長軸と界面とのなす角）を与える配向膜を必要としない。従来方式では、傾き角が不足すると傾く方向の異なる2状態及びそれらの境界部のドメインが生じ、表示不良となる可能性がある。本方式では、傾き角を付与する代わりに基板界面上での液晶分子長軸方向（ラビング方向）を電界方向にに対して0度あるいは90度からずらした所定方向に設定すれば良い。例えば、液晶組成物の誘電率異方性が負の場合、電界方向と基板界面上での液晶分子長軸方向とがなす角 ϕ_{lc} ($\phi_{lc} > 0$ 度と定義する)を0度以上（実質的には0.5度以上）、望ましくは2度以上にすれば良い。もし完全に0度とすると、方向の異なる2種の変形が生じ異なる2状態及びそれらの境界部のドメインが生じ、表示不良となる可能性がある。0.5度以上であれば電界印加及びその強度の増大により見かけの液晶分子長軸方向（ ϕ_{lc} (V)と定義する）が一様に増加して行き、逆方向への傾斜、即ち ϕ_{lc} (V) < 0度になることはない。本方式ではこのように、界面と液晶分子とのなす角（傾き角）が小さくともドメインが生じずに動作することから、低めの傾き角に設定することが可能である。液晶分子配向の均一性は低めの傾き角に設定するほどラビング等のプロセス裕度が上がり、良好である。従って、界面に平行に電界を印加する本方式に、低傾き角を組み合わせれば液晶分子配向はより均一化し、同程度の製造プロセス変動があっても、従来方式よりも表示むら

が低く抑えられる。一般に高い傾き角を付与する配向膜の種類は、低い傾き角を付与するものに比べて少なく、本方式を用いれば配向膜材料の選択の自由度も高くなる。例えばカラーフィルタ上の平坦化膜、薄膜トランジスタ上の保護膜に有機ポリマを用い、それを直接ラビング等の表面配向処理を行っても、傾き角が不要なので配向膜との兼用がより容易になり、更にプロセスの簡易化とそれに伴うコストの低減が可能となる。製造プロセス変動による表示むらを抑制するには傾き角を4度以下、望ましくは2度以下にすれば良い。

【0045】また、液晶材料についても下記の理由によりその選択の自由度が上がる。即ち、本発明では画素電極と共通電極は液晶組成物層に対して主として基板界面に平行な電界を印加する構造を有しており、電極間の距離は従来の縦電界方式のアクティブマトリクス型液晶表示装置における相対向させた透明電極間の距離に比べて大きくとることができる。また、等価的な電極の断面積は従来のものより小さく抑えることができる。したがって、本発明による対をなす画素電極間の電気抵抗は従来のアクティブマトリクス型液晶表示装置における相対向させた透明電極間の電気抵抗は桁違いに大きくすることができる。さらに、本発明による画素電極と共通電極間の静電容量は容量素子と並列接続になり、電気抵抗も十分高い容量素子を実現できる。これらにより、画素電極に蓄積された電荷を保持することが容易になり、従来開口率を犠牲にしていた容量素子の面積を小さくしても十分な保持特性が得られる。また、液晶組成物の方も従来は例えば $10^{12} \Omega \text{cm}$ といった極めて高い比抵抗を有するものが必要であるのに対して、より低い比抵抗の液晶組成物であっても問題にならない。このことは、単に液晶材料の選択の自由度が上がるのみならず、プロセス裕度も引き上げる。即ち、プロセスの途中で液晶が汚染しても画質不良となりにくい。特に、前述の配向膜との界面上での変動に対する裕度が上がり、界面起因の不良はほとんどなくなる。よって、検査やエージングといった工程を大幅に簡略化することができ、薄膜トランジスタ型液晶表示装置の低コスト化に大きく寄与する。また、本発明による画素電極は櫛歯状電極対に比べて単純な形状であるため、光の利用効率を向上させる。従来方式のように十分な量の電荷を蓄積できる容量素子を得るために開口部を犠牲にする必要がない。さらに、薄膜トランジスタを保護する絶縁膜を有機物にすれば、無機物に比べて誘電率が低くできるため、画素電極近傍において発生する基板界面に垂直な方向の電界成分を横電界成分に比べて小さく抑えることが可能になり、より広い領域で液晶が動作する。このことも明るさ向上に寄与する。また、共通電極を、隣接する画素の共通電極と共用した場合には、従来のアクティブマトリクス型液晶表示装置における共通電極とほぼ同等の作用をし、かつより構造を更に簡単化することができ更に開口率を上げることが可

能である。

【0046】(4) 簡素で開口率の高い薄膜トランジスタ構造の実現及びそれによる明るさの向上

薄膜トランジスタを含む画素内の構造に関して、公知例(特公昭63-21907号)に示されている櫛歯電極を用いる場合は開口率が著しく低下し、それにより明るさが低下してしまうという問題が生じる。量産性を考慮すると櫛歯電極1本の幅は8 μ m程度、最小でも4 μ m以上必要であり、特公昭63-21907号に示されている例えば図7のような櫛歯が合計17本もあるような構造で対角9.4インチカラーVGAクラスの0.3 \times 0.1mm²の画素を構成することは不可能である。本発明は上記(1)、(2)の利点を保ちつつも開口率を十分に保持するための手段を考案したものである。櫛歯のように開口率を下げざるを得ない構造に替わって、より単純な電極構造により、実用性のある高い開口率が実現できている。手段1から手段5は、共通電極を対向基板上或いは、画素電極を同層上に形成した場合の構造に関する。前記公知例(特公昭63-21907号)では櫛歯電極を形成するために、信号配線と共通電極それぞれの引き出し方向を直交させている。即ち、信号配線を第1の方向(Y方向)に、共通電極をそれに直交する方向(X方向)に引き伸ばしている。それに対し、本発明は、手段1にあるように信号配線、画素電極、共通電極のいずれをも第1の方向に伸ばすことで、櫛歯のような複雑な構造を回避している。尚、液晶のしきい値電圧を下げ、応答時間を短縮するには画素電極と共通電極の間隔を詰めれば良いが、そのためには手段2の方法を採用すれば良く、櫛歯のような複雑な構造とする必要はない。

【0047】

【実施例】本発明を実施例により具体的に説明する。

【0048】【実施例1】基板としては厚みが1.1mmで表面を研磨した透明なガラス基板を2枚用いる。これらの基板間に誘電率異方性 $\Delta\epsilon$ が正でその値が4.5であり、屈折率異方性 Δn が0.072(589nm, 20℃)のネマチック液晶組成物を挟む。基板表面に塗布したポリイミド系配向制御膜をラビング処理して、3.5度のプレチルト角とする。上下界面上のラビング方向は互いにほぼ平行で、かつ印加電界方向とのなす角度を85度($\phi_{LC1}=\phi_{LC2}=85^\circ$)とした。ギャップdは球形のポリマビーズを基板間に分散して挟持し、液晶封入状態で4.5 μ mとした。よって $\Delta n \cdot d$ は0.324 μ mである。2枚の偏光板(日東電工社製G1220DU)でパネルを挟み、一方の偏光板の偏光透過軸をラビング方向にほぼ平行、即ち $\phi_{P1}=85^\circ$ とし、他方をそれに直交、即ち $\phi_{P2}=-5^\circ$ とした。これにより、ノーマリクローズ特性を得た。

【0049】薄膜トランジスタ及び各種電極の構造は図2(a)(正面図)及び図2(b)(側断面)に示すように、薄膜トランジスタ素子(図2の斜線部)が画素電

極(ソース電極)1と信号電極(ドレイン電極)12、及び走査電極(ゲート電極)10を有し、画素電極1が第1の方向(図2では紙面内で上下の方向を意味する)に伸びており、信号電極12及び共通電極2が複数の画素間(図2では紙面内で上下の方向に並んだ画素を意味する)に渡って第1の方向伸び、薄膜トランジスタ素子が共通電極の間に配置されている。

【0050】信号電極12には情報を有する信号波形が印加され、走査電極10には走査波形が信号波形と同期をとって印加される。アモルファスシリコン(a-Si)からなるチャンネル層16及び窒化シリコン(SiN)の保護絶縁膜15からなる薄膜トランジスタは隣接する共通電極の間に配置されている。信号電極12から薄膜トランジスタを介して画素電極1に情報信号が伝達され、共通電極2との間で液晶部分に電圧が印加される。本実施例では共通電極を対向基板側に配置し、図2(b)では厚み方向を拡大して表した為、電界方向7が傾斜しているように見えるが、実際には幅が48 μ mに対して液晶層5の厚みが6 μ m程度であり、傾斜はほとんどなく、印加電界方向は基板面にほぼ平行である。

【0051】容量素子12は、図1(c)に示すように、画素電極1を特記部を形成した走査配線10の上にゲート絶縁膜13を挟む構造として形成した。この容量素子12の静電容量は約21fFになった。各走査配線10および各信号電極駆動回路21にはそれぞれ走査配線駆動用LSIおよび信号配線駆動用LSIを接続した。

【0052】画素電極1に蓄積された電荷は、画素電極1と共通電極2の間の静電容量と付加容量素子11を並列接続した容量である約24fFに蓄積されることになり、液晶組成物50の比抵抗が $5 \times 10^{10} \Omega \text{cm}$ であっても画素電極1の電圧変動を抑制することができる。このため、画質劣化を防止することができた。

【0053】画素数は40($\times 3$) $\times 30$ で、画素ピッチは横方向(即ち共通電極間)は80 μ m、縦方向(即ち走査電極間)は240 μ mである。走査電極の幅は12 μ mで隣接する走査電極の間隔を68 μ mとし、50%という高い開口率を確保した。また薄膜トランジスタを有する基板に相対向する基板上にストライプ状のR、G、B3色のカラーフィルタを備えた。カラーフィルタの上には表面を平坦化する透明樹脂を積層した。透明樹脂の材料としてはエポキシ樹脂を用いた。更に、この透明樹脂上ポリイミド系の配向制御膜を塗布した。パネルには駆動回路が接続されている。本実施例の駆動回路システムの構成を図8に示す。信号電極23及び共通電極31は表示部端部にまで伸びている。図9及び図10は光学システムの構成を表し、図9が透過型、図10が反射型を表す。

【0054】本実施例では透明電極を必要としないため、製造プロセスが簡単化できかつ歩留まりも向上し、

著しくコストが低減できる。特に、透明電極を形成するための真空炉を有する極めて高価な設備が不要になり、製造設備投資額の大幅低減とそれによる低コスト化が可能となる。本実施例における画素への印加電圧実効値と明るさの関係を示す電気光学特性を図3(a)に示す。コントラスト比は7V駆動時に150以上となり、視角を左右、上下に変えた場合のカーブの差は従来方式(比較例1に示す)に比べて極めて小さく、視角を変化させても表示特性はほとんど変化しなかった。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。また、開口率は薄膜トランジスタ及び電極構造の単純化により50%と十分に高い値を確保し、明るいディスプレイを実現した。パネル全体の平均透過率は8.4%となった。尚、ここで明るさは2枚の偏光板を平行に配置したときの輝度透過率で定義した。

【0055】〔実施例2〕本実施例では実施例1で対基板側に配置し走査電極を同一基板側に配置した。他の構成は実施例1と同一である。薄膜トランジスタ及び電極の断面構造を図4に示す。画素電極1、信号電極12、走査電極はいずれもアルミニウムで、同時に成膜及びエッチングをして形成した。対向基板上には一切導電性の物質は存在しない。従って、本実施例の構成においては仮に製造工程中に導電性の異物が混入したとしても、上下電極間タッチの可能性がなく、上下電極間タッチの不良率がゼロに抑制される。なお、電極用の材料としては電気抵抗の低い金属性のものであれば特に材料の制約はなく、クロム、銅等でもよい。

【0056】一般にフォトマスクのアライメント精度は対向する2枚のガラス基板間の組合わせのアライメント精度に比べて著しく高い。従って、本実施例のように4種の電極群のいずれをも一方の基板上に形成した方が、各電極の形成時のアライメントがフォトマスクのみで行われるため、電極間のアライメントずれが小さく抑制される。従って、本実施例は走査電極を対向基板上に形成する場合に比べて、より高精細なパターンを形成するのに有効である。

【0057】実施例1と同様に広い視角特性を有する明るい表示を得た。

【0058】〔実施例3〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例1と同一である。

【0059】薄膜トランジスタ及び各種電極の構造を図5に示すように、対をなす画素電極1の間に信号電極12を配置し、さらに対をなす共通電極2をこれらの電極の外側に配置した。信号電極12には情報を有する信号波形が印加され、走査電極10には走査波形が信号波形と同期をとって印加される。アモルファスシリコン(a-Si)16及び窒化シリコン(SiN)の保護絶縁膜15からなる薄膜トランジスタは対をなす共通電極のほぼ中央部に配置されている。信号電極12から2個の薄膜トランジスタを介して2個の第1の電極1と同じ情報

信号が伝達され、電位を同じくした両側の共通電極との間で液晶部分に同じ電圧信号が印加される。このようにすることで薄膜トランジスタ及び電極構造を複雑化せずに電極間隔を半分程度にでき、同一電圧でより高い電界を印加することができるようになり、駆動電圧の低減及び高速応答化が実現される。

【0060】実施例1の広い視角特性と明るさは本実施例でも実現される。

【0061】〔実施例4〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例1と同一である。

【0062】カラーフィルタ上に有機絶縁層として透明ポリマからなる平坦化膜14(図2(b))を積層し、その上に配向制御膜としての別の膜を形成せずに表面を直接ラビングした。透明ポリマの材料としてはエポキシ樹脂を用いた。このエポキシ樹脂は平坦化と液晶分子の配向制御の両方の機能を兼ね備えている。液晶組成物層はエポキシ樹脂に直接接し、界面での傾き角は0.5度であった。これにより、配向膜を塗布する工程がなくなり、製造がより容易かつ短くなった。一般に従来方式であるTN型では、配向制御膜に要求される特性が多岐にわたり、それら全てを満足する必要がある、そのためポリイミド等の一部の材料に限られていた。特に重要な特性は、傾き角である。しかし、作用のところで述べたように、本発明では大きな傾き角を必要とせず、従って、材料の選択幅が著しく改善される。

【0063】本実施例における電気光学特性を測定したところ、実施例1と同様に視角を左右、上下に変えた場合のカーブの差が極めて小さく、表示特性はほとんど変化しないという結果を得た。また、傾き角が0.5度と小さいにもかかわらず液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0064】〔実施例5〕実施例4の平坦化する為の透明ポリマをエポキシ樹脂からポリイミド樹脂に変えた。同様にポリイミド樹脂の表面を直接ラビングし、平坦化と液晶分子の配向制御の両方の機能を兼ね備えた。界面での傾き角は2度であった。他の実施例と比較して、表示特性はほとんど変化しないという結果を得た。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0065】〔実施例6〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例1と同一である。

【0066】薄膜トランジスタを保護する保護絶縁膜15(図2(b))を窒化シリコンからエポキシ樹脂からなる有機絶縁層に交換し、その上を直接ラビング処理し、有機絶縁層に保護膜と液晶分子配向制御膜の両方の機能を持たせた。傾き角は0.5度である。

【0067】本実施例における電気光学特性を測定したところ、実施例1と比較して、ほとんど変わらない表示特性を得た。また、実施例4と同様に、傾き角が0.5度と小さいにもかかわらず液晶配向性も良好で、配向不

良ドメインは発生しなかった。

【0068】〔実施例7〕実施例6で保護膜に用いたエポキシ樹脂を同様に有機絶縁層となるポリイミドに変えた。

【0069】本実施例における電気光学特性を測定したところ、実施例1と比較して、ほとんど変わらない表示特性を得た。また、実施例6に比べ、傾き角は2.0度と若干上昇した。液晶配向性は良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0070】〔実施例8～12〕これらの実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例7と同一である。

【0071】実施例8では上下界面上の液晶分子長軸方向（ラビング方向）は互いにほぼ平行で、かつ印加電界方向とのなす角度を89.5度（ $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = 89.5^\circ$ ）、一方の偏光板の偏光透過軸をラビング方向にほぼ平行（ $\phi_{r1} = 89.5^\circ$ ）とし、他方をそれに直交（ $\phi_{r2} = -0.5^\circ$ ）とした。

【0072】同様に実施例9では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 88^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -2.0^\circ$ とした。同様に実施例10では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 75^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -2.5^\circ$ とした。同様に実施例11では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 45^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -4.5^\circ$ とした。同様に実施例12では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 30^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -6.0^\circ$ とした。これらの実施例における電気光学特性の測定結果を図7にまとめて表す。尚ここでは明るさを印加電圧が0ボルトから10ボルト（実効値 V_{rms} ）の範囲で最大となるときを100%、最小となるときを0%とした規格化した値で表した。角度 ϕ_{lc} を大きくすることで、しきい値特性のカーブがより急峻になる傾向を示した。中間調表示を大きな電圧裕度を持つて行うには、 ϕ_{lc} を小さくすれば良いが、45度以下になると明るさが低下する傾向を示した。角度 ϕ_{lc} の最適な値は、表示する中間調レベルの数、明るさに対する要求値、駆動する電圧、コモン電極に電圧を印加するか否かによって代わる。設計者は、 ϕ_{lc} の選択により大きな範囲でしきい値特性が制御できる。明るさを考慮すると、望ましくは ϕ_{lc} を45度以上とすると良い。また更により望ましくは60度から89.5度の間とすると良い。

【0073】視角特性を測定したところ、いずれの場合も実施例1と同様に視角を左右、上下に変えた場合のカーブの差が極めて小さく、表示特性はほとんど変化しないという結果を得た。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0074】〔実施例13～16〕以上の実施例と本実施例の最大の相違点は、液晶組成物層の誘電率異方性の値を負にし、それに合わせてラビング方向を変えた点である。 $\Delta\epsilon$ が-4.8、 Δn が0.0437（589nm, 20℃）のネマチック液晶組成物（メルク社製、ZLI-2806）を用いた。実施例13～16の実施例に於いては、いずれも上下界面上の液晶分子長軸方向

（ラビング方向 ϕ_{lc1} 、 ϕ_{lc2} ）を互いにほぼ平行（ $\phi_{lc1} = \phi_{lc2}$ ）とし、印加電界方向とのなす角度 ϕ_{lc1} を0度を超え45度未満である範囲とした。また一方の偏光板の偏光透過軸（ ϕ_{r1} ）はラビング方向にほぼ平行とし、他方（ ϕ_{r2} ）をそれに直交とした。

【0075】即ち、実施例13では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 1.5^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -88.5^\circ$ とした。

【0076】実施例14では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 15^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -7.5^\circ$ とした。

【0077】実施例15では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 30^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -6.0^\circ$ とした。

【0078】実施例16では $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 45^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -4.5^\circ$ とした。

【0079】ギャップ d は液晶封入状態で6.3 μm とし、 $\Delta n \cdot d$ を0.275 μm とした。薄膜トランジスタ、電極の構造等の以外の条件は実施例3と同じである。

【0080】これらの実施例における電気光学特性の測定結果を図11にまとめて表す。誘電率異方性が正の場合とは逆に、角度 ϕ_{lc} を小さくするに従い、しきい値特性のカーブがより急峻になる傾向を示した。中間調表示を大きな電圧裕度を持つて行うには、 ϕ_{lc} を大きくすれば良いが、45度以上になると明るさが低下する傾向を示した。誘電率異方性が正の場合と同様に、角度 ϕ_{lc} の最適な値は、表示する中間調レベルの数、明るさに対する要求値、駆動する電圧、共通電極に電圧を印加するか否かによって代わる。設計者は、 ϕ_{lc} の選択により大きな範囲でしきい値特性が制御できる。明るさを考慮すると、より望ましくは ϕ_{lc} を45度以下とすると良い。

【0081】尚、視角特性を測定したところ、いずれの場合も実施例1と同様に視角を左右、上下に変えた場合のカーブの差が極めて小さく、表示特性はほとんど変化しないという結果を得た。特に中間調表示（8階調）したときのレベルの反転が上下、左右ともに ± 5.0 度の範囲内ではまったく見られなかった。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0082】〔実施例17～19〕本実施例では、実施例13～16に於いて最も特性が良好であった実施例14（ $\phi_{lc1} = \phi_{lc2} = \phi_{r1} = 15^\circ$ 、 $\phi_{r2} = -7.5^\circ$ ）と液晶分子長軸方向、偏光板配置を同一とし、液晶組成物層の厚み d と屈折率異方性 Δn の積 $d \cdot \Delta n$ を変えた。実施例17、18、19それぞれの液晶組成物層の厚み d を4.0、4.9、7.2 μm 、即ち $d \cdot \Delta n$ をそれぞれ0.1748、0.2141、0.3146 μm とした。尚、ここでは屈折率異方性 Δn を一定とし、液晶組成物層の厚み d のみを変えたが、他の液晶表示方式（例えば、90度ツイステッドネマチック方式）と同様に、屈折率異方性 Δn を変えても明るさの最適値については同様の結果が得られる。また、液晶組成物層の誘電率異方性の値を正にしても同様の結果が得られる。結果を実

施例14の結果も含めて、図12にまとめて示す。図12(a)は横軸を印加電圧とし、図12(b)は図12(a)に於いて印加電圧を7ボルトに固定して横軸を $d \cdot \Delta n$ にして表したものである。図12(b)から明らかのように、明るさは $d \cdot \Delta n$ 強く依存し、かつ最適な値が存在する。明るさを実用性のある30%以上とするには $d \cdot \Delta n$ を0.21から0.36 μm の間にすれば良く、さらに明るさを50%以上に引き上げるには0.23から0.33 μm の間にすれば良い。また、液晶の封入時間や液晶組成物層の厚みの制御等、量産性を考慮すると d の値を5.0 μm 以上とし、 Δn を本実施例のように0.08以下とすることが望ましい。

【0083】〔実施例20~22〕実施例17~19の結果から明らかのように、 $d \cdot \Delta n$ の最適値は0.21から0.36 μm の間、望ましくは0.23から0.33 μm の間にある。量産性のある液晶組成物層の厚みが5.0 μm 以上であることを鑑みると、屈折率異方性 Δn の値は0.072以下、望ましくは0.066以下でなくてはならない。ところが、このように極めて Δn の低い液晶化合物の種類は非常に少なく、十分に他の実用上の要求特性と両立することが困難である。そこで液晶組成物層の $d \cdot \Delta n$ をやや高めに設定しておき、最適値よりも超過した分をこの液晶組成物層の $d \cdot \Delta n$ よりも低い位相差 R_1 を有する光学的異方性媒質を液晶組成物層により生じた位相差を補償するように挿入し、その結果液晶組成物層と光学的異方性媒質とで合わせた実効的な位相差が最適値である0.21から0.36 μm の間に入るようにする方法を考案した。

【0084】実施例20~22では下記に示す条件以外は実施例3と同じ構成とした。液晶組成物層の厚みをそれぞれ5.0, 5.2, 5.5 μm とした。屈折率異方性 Δn が0.072(589nm, 20℃)のネマチック液晶組成物を用いている為、 $d \cdot \Delta n$ の値は0.360, 0.3744, 0.396 μm である。このままでは、明るさ及び色調が良好な0.21から0.36 μm の範囲よりも高い値となっている為、オレンジ色に着色している。この液晶セルにポリビニルアルコール製一軸延伸フィルム的光学的異方性媒質を、低電圧駆動時(ここでは0ボルト)に液晶の複屈折位相差を補償するように積層した。即ち、 ϕ_1 を ϕ_{1c1} ($=\phi_{1c2}$)と同じ85度とした。位相差は R_1 はそれぞれ0.07, 0.08, 0.10 μm とし、($d \cdot \Delta n - R_1$)の値を0.29, 0.3044, 0.296 μm と明るさ及び色調が良好な0.21から0.36 μm の範囲に入るようにした。

【0085】その結果、着色がなく明るさが50%以上の明るい表示が得られた。

【0086】〔実施例23〕実施例20の液晶組成物層を誘電率異方性 $\Delta \epsilon$ が負で、その値が-2.5であり、 Δn が0.0712(589nm, 20℃)のネマチック液晶組成物(メルク社製、ZLI-4518)に変え

た。他の構成は下記を除けば実施例14と同じである。液晶組成物層の厚みは5.5 μm 、即ち $d \cdot \Delta n$ は0.3916 μm である。この液晶セルに位相差 R_1 が0.11 μm であるポリビニルアルコール製一軸延伸フィルムの光学的異方性媒質を積層し、($d \cdot \Delta n - R_1$)の値を0.2816 μm と明るさ及び色調が良好な0.21から0.36 μm の範囲に入るようにした。

【0087】その結果、着色がなく明るさが50%以上の明るい表示が得られた。

【0088】〔実施例24〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例8と同一である。

【0089】液晶組成物層の Δn は0.072でギャップ d は7.0 μm とした。よって $\Delta n \cdot d$ は0.504 μm である。 ϕ_{1c1} を89.5度とし、上下基板の液晶分子配向方向を互いに交差させ、 $|\phi_{1c1} - \phi_{1c2}| = 90$ 度とした。偏光板の配置は互いに直交($|\phi_{r2} - \phi_{r1}| = 90^\circ$)させかつ液晶分子配向方向との関係を旋光モードとなるように $\phi_{1c1} = \phi_{r1}$ とした。この結果、ノーマリオープン型が得られた。

【0090】本実施例における電気光学特性を測定したところ、複屈折モードである他の実施例に比べてしきい値電圧 V_{10} 、 V_{90} が約2倍になった点を除けば、同じく明るさも50%以上で、視角を左右、上下に変えた場合のカーブの差も極めて小さく、表示特性はほとんど変化しないという結果を得た。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0091】〔実施例25, 26〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例1と同一である。

【0092】偏光板の配置を、電界が0ではなくやや印加された状態で暗状態が得られるように、設定した。即ち、 $|\phi_{1c1} - \phi_{r1}|$ を実施例25, 26でそれぞれ5度、15度とし、 $|\phi_{r2} - \phi_{r1}| = 90$ 度とした。

【0093】他の実施例と同じく、明るさ、視角両面で良好な表示特性が得られた。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0094】〔実施例27, 28〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例14と同一である。

【0095】偏光板の配置を、電界が0ではなくやや印加された状態で暗状態が得られるように、設定した。即ち、 $|\phi_{r1} - \phi_{1c1}|$ を実施例27, 28でそれぞれ5度、7度とし、 $|\phi_{r2} - \phi_{r1}| = 90$ 度とした。また、液晶組成物層の厚み d は6.3 μm とした。よって、 $\Delta n \cdot d$ は0.275 μm である。

【0096】本実施例における電気光学特性の測定結果を図13に示す。実施例27の場合、暗状態となる電圧 V_{off} は3.0ボルト、最も明るくなる電圧 V_{on} は9.2ボルトであった。駆動を V_{off} と V_{on} の間で行えば、十分に高いコントラストが得られる。同様に、実施例28の場合は V_{off} は5.0ボルト、 V_{on} は9.0ボルトであった。

【0097】 V_{off} と V_{on} の間で駆動した場合、他の実施例と同じく、明るさ、視角両面で良好な表示特性が得られた。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0098】〔実施例29〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例27と同一である。

【0099】信号電極に画像信号を印加すると共に、共通電極に3.0Vの交流波形を印加した。その結果、信号電極に供給する電圧の低電圧化(8.3V⇒6.2V)が実現した。

【0100】このようにして V_{off} と V_{on} の間で駆動を行い、他の実施例と同じく、明るさ、視角両面で良好な表示特性を得た。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0101】〔実施例30〕本実施例の構成は下記の要件を除けば、実施例1と同一である。

【0102】偏光板の配置を、電界が0ではなく印加された状態で暗状態が得られるように、設定した。即ち、 $|\phi_{LC1}-\phi_{P1}|$ を45度、 $|\phi_{P2}-\phi_{P1}|$ を90度とした。これにより、低電圧印加時に明状態、高電圧印加時に暗状態となった。この時の明るさの電圧依存性の測定結果を図14で実線で示した。

【0103】他の実施例と同じく、明るさ、視角両面で良好な表示特性が得られた。コントラスト比は35となった。また、液晶配向性も良好で、配向不良ドメインは発生しなかった。

【0104】〔実施例31〕実施例30の構成に於いて、2枚の偏光板の間に界面残留位相差を補償する複屈折媒体(一軸延伸したポリビニルアルコールフィルム)を挿入した。このフィルムの延伸方向 ϕ_1 は-45度とし、偏光板透過軸に直交させた。また、位相差 R_1 は15nmである。

【0105】図14の点線で示したように、実施例30に比べて高電圧印加時の光漏れが抑制され、コントラスト比は150に更に改善された。

【0106】

【発明の効果】本発明によれば、第一に、透明電極がなくとも高コントラストで、低価格の設備で高い歩留まりで量産可能な低コストの薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することができ、第二に、視角特性が良好で多階調表示が容易である薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することができ、第三に、液晶配向に関するプロセス及び材料の裕度が大きく、そのため開口率が高くでき、光透過率を上げた、より明るい薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することができ、第四に、第一から第三の効果に加えてより構造が簡素である薄膜トランジスタ構造を提供し、開口率を高くし、光透過率を上げた、より明るい薄膜トランジスタ型液晶表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の液晶表示装置における液晶の動作を示す図。

【図2】本発明の薄膜トランジスタの一例を示す図。

【図3】本発明(a)及び比較例(b)の電気光学特性(視角方向依存性)を示す図。

【図4】薄膜トランジスタにおいて画素電極(ソース電極)、共通電極、走査電極、信号電極(ドレイン電極)をいずれも一方の基板上に配置した本発明の一実施例を示す図。

10 【図5】画素電極(ソース電極)、信号電極(ドレイン電極)を画素の中央に配置し、一画素を2分割した本発明の一実施例を示す図。

【図6】電界方向に対する、界面上の分子長軸配向方向 ϕ_{LC} 、偏光板偏光軸 ϕ_P 、位相板進相軸 ϕ_s のなす角を示す図。

【図7】界面上の分子長軸配向方向 ϕ_{LC} を変えた種々の実施例における電気光学特性を示す図。誘電率異方性が正の場合。

【図8】本発明の液晶表示駆動回路システムを表す図。

20 【図9】本発明の液晶表示透過型光学システムを表す図。

【図10】本発明の液晶表示反射型光学システムを表す図。

【図11】界面上の分子長軸配向方向 ϕ_{LC} を変えた種々の実施例における電気光学特性を示す図。誘電率異方性が負の場合。

【図12】液晶組成物層の厚み d を変えた種々の実施例における電気光学特性を示す図。誘電率異方性が負の場合。

30 【図13】偏光板の配置を、電界が0ではなくやや印加された状態で暗状態が得られるように設定した時の電気光学特性を示す図。

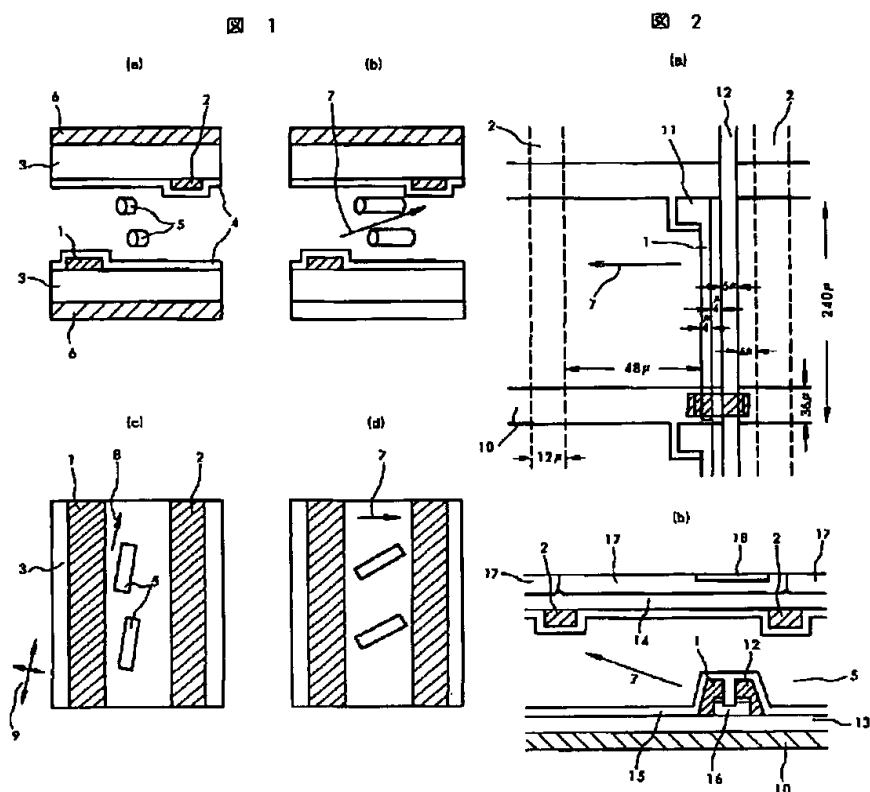
【図14】ノーマリオープン型の特性及び界面残留位相差を補償した時の特性を表す図。

【符号の説明】

1…画素電極(ソース電極)、2…共通電極(コモン電極)、3…基板、4…配向膜、5…液晶組成物層中の液晶分子、6…偏光板、7…電界方向、8…界面上の分子長軸配向方向(ラビング方向)、9…偏光板偏光軸方向、10…ゲート電極(走査配線)、11…付加容量素子、12…信号電極(ドレイン電極)、13…ゲート絶縁膜、14…平坦化膜、15…保護絶縁膜、16…アモルファスシリコン、17…カラーフィルタ、18…遮光層、19…偏光板偏光透過軸、20…位相差板進相軸、21…信号電極駆動回路、22…走査電極駆動回路、23…信号電極、24…走査電極、25…下側基板、26…上側基板、27…コントロール回路、28…位相差板、29…バックライト、30…反射板、31…液晶組成物層。

【図 1】

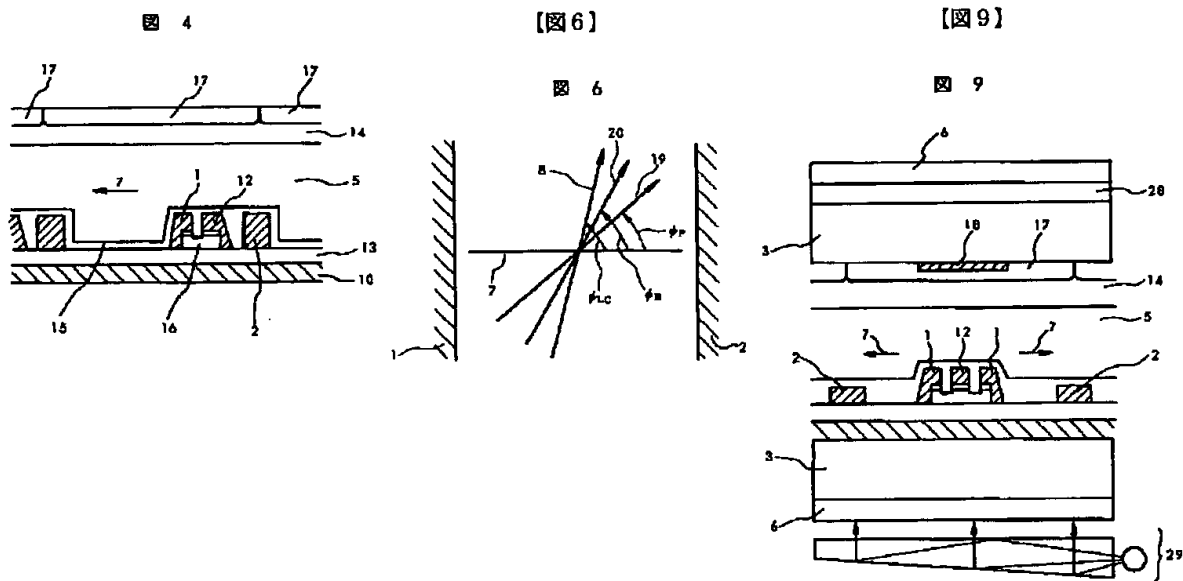
【図2】



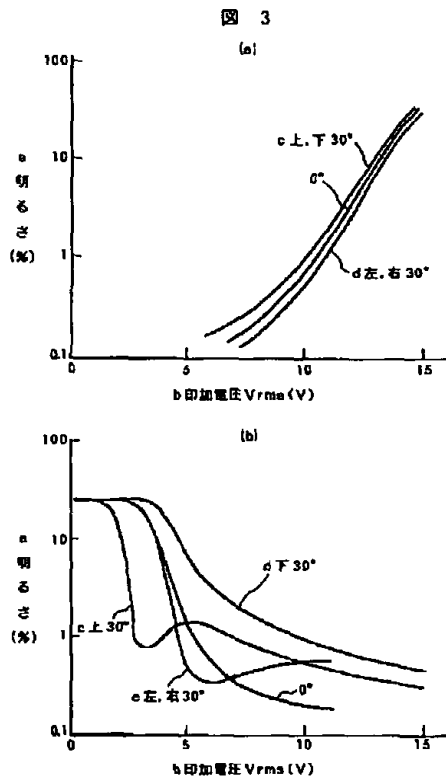
【図4】

【図6】

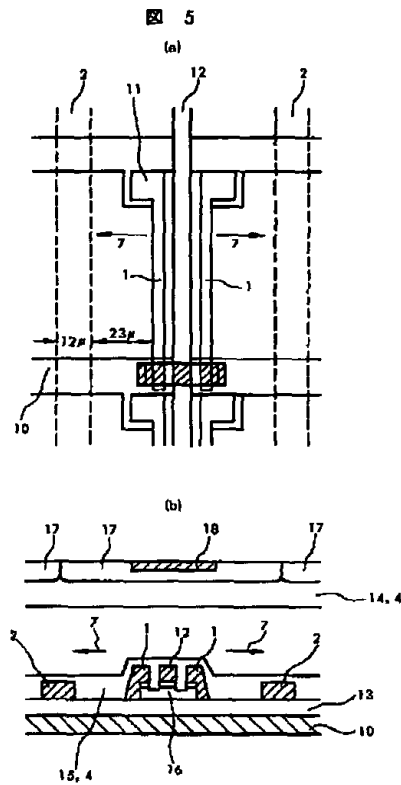
【圖9】



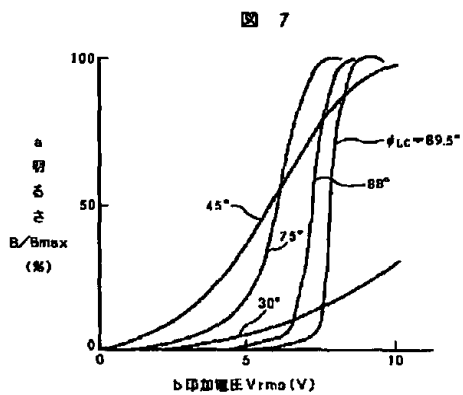
【図3】



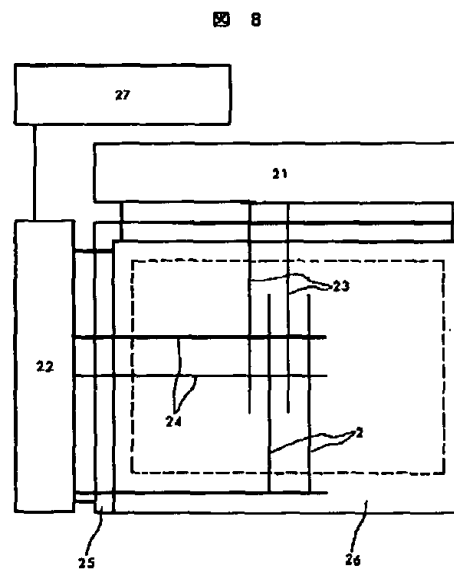
【図5】



【図7】

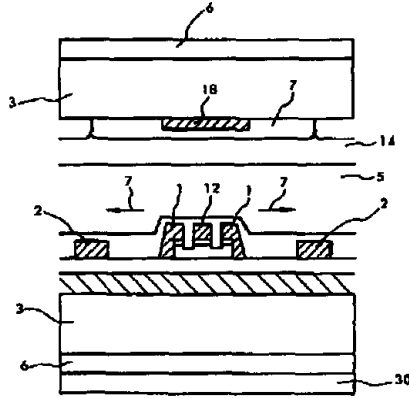


【図8】



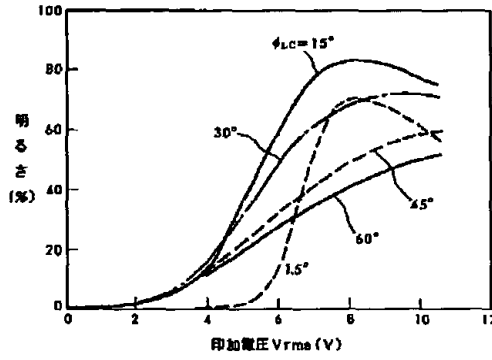
【図10】

図 10



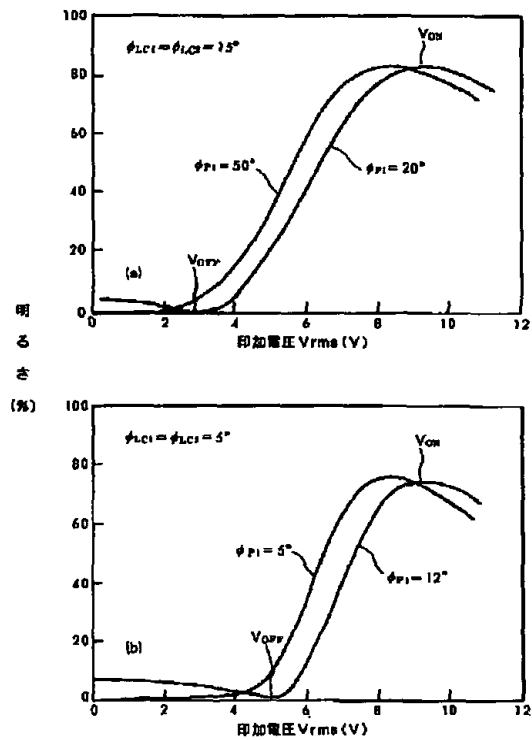
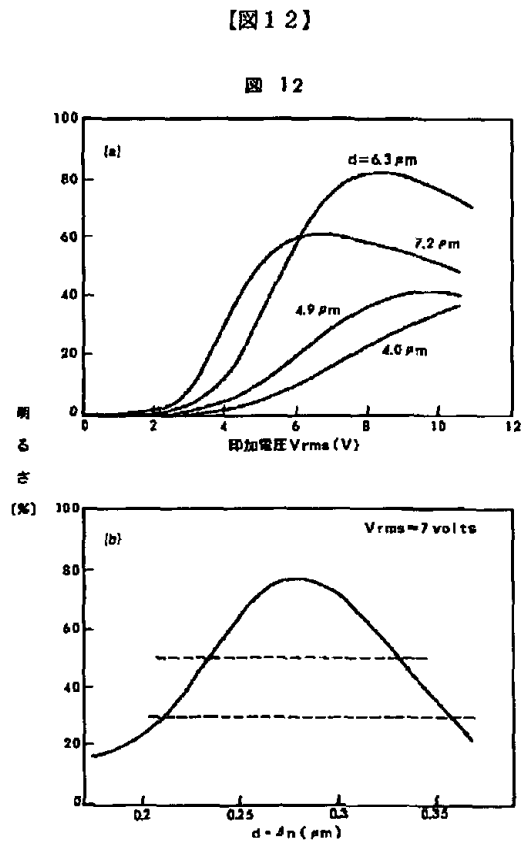
【図11】

図 11



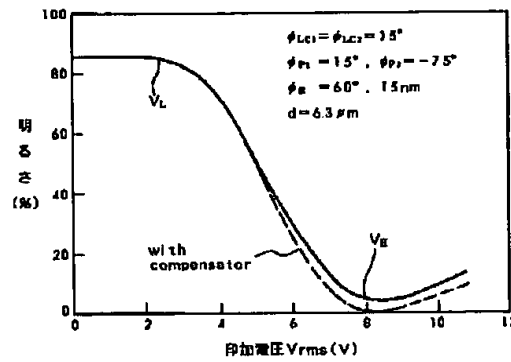
【図13】

図 13



【図14】

図 14



フロントページの続き

(72)発明者 太田 益幸
 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立
 製作所日立研究所内

(72)発明者 鈴木 堅吉
 千葉県茂原市早野3300番地 株式会社日立
 製作所茂原工場内